

О СВЯЗИ ПОЛНОГО И ЭФФЕКТИВНОГО ИНТЕРВАЛА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ С ГОРЯЧЕЛОМКОСТЬЮ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ

Поздняков А.В.

*Руководитель – д.т.н., проф. Золоторевский В.С.
ФГАОУ ВПО «НИТУ «МИСиС», Москва*

Введение

Как известно, горячие трещины при литье имеют кристаллизационное происхождение. Они зарождаются и развиваются в эффективном интервале кристаллизации (ЭИК), который рассчитывается как разность температур начала линейной усадки и неравновесного солидуса [1]. ЭИК определяет важнейшие литейные свойства сплавов, такие как горячеломкость, жидкотекучесть, склонность к образованию усадочных раковин и пор [2]. По результатам многочисленных экспериментов, собранных в монографии И.И. Новикова [3], была установлена четкая связь показателя горячеломкости (ПГ) с величиной ЭИК в двойных системах эвтектического типа.

Однако на практике при анализе горячеломкости часто пользуются не величиной ЭИК, а величиной полного интервала неравновесной кристаллизации (ПИК) [4], поскольку определение ЭИК является достаточно сложным и трудоемким, особенно для многокомпонентных сплавов. При этом подразумевается, что ПИК и ЭИК однозначно связаны друг с другом: чем шире ПИК, тем больше ЭИК.

До недавнего времени связь ПГ с ЭИК в тройных и многокомпонентных системах не рассматривалась. В работе [5] на примере тройных систем Al-Cu-Mg, Al-Cu-Si и Al-Si-Mg рассмотрена корреляция величины расчетного ЭИК и ПГ и показана аналогичная двойным системам связь ПГ и рассчитанного ЭИК на лучевых разрезах, когда все сравниваемые по ПГ сплавы кристаллизуются по одинаковым реакциям с участием одинаковых фаз. Однако в других случаях, когда рассматриваются сплавы, расположенные в разных фазовых областях диаграмм состояния, четкая корреляция ЭИК и ПГ отсутствует. Целью настоящей работы был анализ связи величины ЭИК и ПИК с горячеломкостью в многокомпонентных сплавах на основе алюминия.

Результаты экспериментов

Показатели горячеломкости промышленных силуминов (AK12, AK7ч, AK5M, AK5M2, AK12M2MgH), определенные по кольцевой полукокильной пробе ВИАМ [5], были заимствованы из [6]. Эти данные представлены на рисунке 1 (зависимость 4) вместе с рассчитанным ЭИК, соответствующим образованию 65 % твердых фаз.

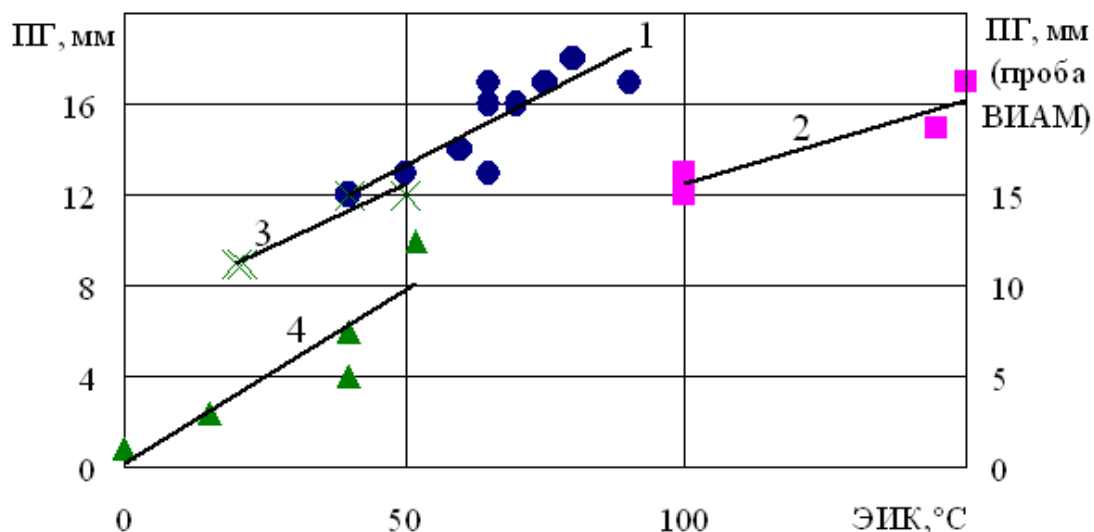


Рисунок 1 - Зависимость ПГ от рассчитанной величины ЭИК исследованных сплавов: 1 – сплавы на основе матричных систем Al-Cu и Al-Cu-Mg с добавками эвтектикообразующих элементов; 2 – сплавы системы Al-Mg; 3, 4 – сплавы систем Al-Si-Cu, Al-Si-Mg, Al-Si-Cu-Mg (ПГ для построения зависимостей 1, 2 и 3 определен по карандашной пробе, а кривой 4 – по кольцевой пробе ВИАМ).

Из рисунка 1 следует, что во всех силуминах (зависимость 4) ПГ достаточно хорошо согласуется с рассчитанным ЭИК, возрастая с <5 мм до 12,5 мм при увеличении ЭИК с 0 до 52°C.

В настоящей работе были также экспериментально определены показатели горячеломкости 17 сплавов систем Al-Cu-Mg-Mn-Fe-Si, Al-Cu-Mg-Si-Fe-Ni, Al-Cu-Mn-Fe-Ni и Al-Cu-Mn-Fe-Ni-Si. Результаты испытаний представлены на рисунках 1 и 2 в сопоставлении с расчетными величинами ПИК и ЭИК, соответствующего образованию 65 % твердых фаз.

Из рисунка 1 видно, что для первых трех групп сплавов (ПГ определен по карандашной пробе) общей зависимости ПГ от ЭИК нет. Однако для первой и третьей групп сплавов можно использовать примерно одну зависимость. В то же время для каждой группы наблюдается четкая, примерно линейная, корреляция ПГ с ЭИК. Как видно из рисунка 1, величина ЭИК в сплавах на основе системы Al-Mg (зависимость 2) примерно в 2 раза больше, чем в сплавах на основе систем Al-Cu и Al-Cu-Mg (зависимость 1), в то время как ПГ находится примерно на одном уровне. Из полученных данных следует, что величина ЭИК является не единственным и иногда не самым главным фактором, определяющим ПГ.

На рисунке 2 видно почти полное отсутствие зависимости ПГ от рассчитанной величины ПИК. Следовательно, в сплавах многокомпонентных систем для оценки горячеломкости в большинстве случаев нельзя пользоваться величиной ПИК. Исключением могут быть

сплавы, близкие по составу к чисто эвтектическим, у которых ПИК очень мал – не более 20-30 °С. Тогда ЭИК будет еще меньше и склонность к образованию горячих трещин у подобных сплавов должна быть наверняка небольшой.

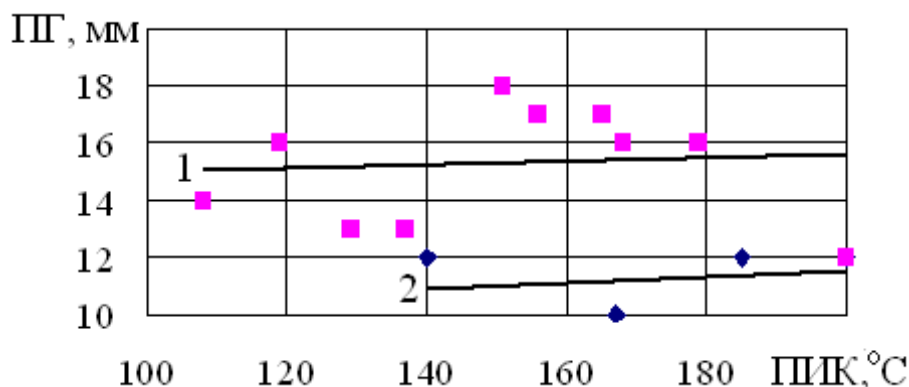


Рисунок 2 - Зависимость ПГ от ПИК для сплавов систем Al-Cu и Al-Cu-Mg (кривая 1) и для сплавов систем Al-Si-Cu и Al-Si-Cu-Mg (кривая 2)

Заключение

Проанализирована связь рассчитанных полного и эффективного интервалов кристаллизации с экспериментально определенным ПГ в промышленных и экспериментальных сплавах различных систем. Показана хорошая корреляция ЭИК с ПГ для сплавов, относящихся к одной системе легирования. В то же время корреляция между ПИК и ПГ исследованных сплавов практически полностью отсутствует.

Литература

- 1 Бочвар А.А. // Изв. АН СССР, ОТН, 1942, №9, с.31.
- 2 Бочвар А.А., Новиков И.И. // Сб. МИЦМиЗ. «Технология цветных металлов», вып. 23. Metallurgizdat, 1952, с.5.
- 3 Новиков И.И.// Горячеломкость цветных металлов и сплавов. М.: Наука, 1966.
- 4 Золоторевский В.С., Белов Н.А. // Metallovedenie litykh aluminievyykh spлавov. М.: МИСиС, 2005.
- 5 Золоторевский В.С., Поздняков А.В., Хван А.В. // Известия вузов. «Цветная металлургия», 2011, №1, с. 52-57.
- 6 Алюминиевые сплавы. Плавка и литье алюминиевых сплавов. Справочное руководство. М.: Металлургия, 1970.